



AT/04/244

ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT

A-1200 Wien, Dresdner Straße 87

Kanzleigebühr € 20,00
Schriftengebühr € 78,00

REC'D 04 AUG 2004

WIPO

PCT

Aktenzeichen **GM 504/2003**

Das Österreichische Patentamt bestätigt, dass

die Firma AVL LIST GMBH
in A-8020 Graz, Hans-List-Platz 1
(Steiermark),

am **15. Juli 2003** eine Gebrauchsmusteranmeldung betreffend**"Verfahren zum Betrieb einer Dieselmotormaschine",**

überreicht hat und dass die beigeheftete Beschreibung samt Zeichnungen
mit der ursprünglichen, zugleich mit dieser Gebrauchsmusteranmeldung
überreichten Beschreibung samt Zeichnungen übereinstimmt.

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Österreichisches Patentamt
Wien, am 20. Juli 2004

Der Präsident:



HRNCIR
Fachoberinspektor

BEST AVAILABLE COPY

AT GEBRAUCHSMUSTERSCHRIFT (11) Nr.

U

(Bei der Anmeldung sind nur die eingerahmten Felder auszufüllen - bitte fett umrandete Felder unbedingt ausfüllen!)

(73) Gebrauchsmusterinhaber:

AVL LIST GMBH
In Graz (AT)

(54) Titel :

Verfahren zum Betrieb einer Dieselmotorkraftmaschine

(61) Abzweigung von

(66) Umwandlung von

(62) gesonderte Anmeldung aus (Teilung):

(30) Priorität(en):

--

(72) Erfinder:

(22) (21) Anmeldetag, Aktenzeichen:

15. Juli 2003,

(42) Beginn des Schutzes:

(45) Ausgabetag:

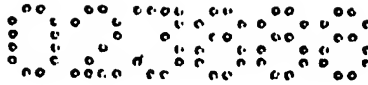
54974

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Dieselmotorkraftmaschine mit homogener Kraftstoffverbrennung, wobei eine Zustandsgröße im Zylinder, vorzugsweise der Druck, die Temperatur, der Ionenstrom oder das Ausgangssignal eines optischen Messprinzips als Funktion des Kurbelwinkels erfasst und daraus ein Zylinderzustandssignal gewonnen wird.

Brennverfahren für Dieselmotorkraftmaschinen mit im Wesentlichen homogener Verbrennung – so genannte alternative Dieselmotorkraftmaschinen – ermöglichen eine drastische Reduktion der Motoremissionen. Im Speziellen ist dabei eine gleichzeitige Verringerung der Stickoxide und der Partikel im Motorabgas möglich. Diese neuen Brennverfahren basieren auf einer Homogenisierung der Zylinderladung vor dem Verbrennungsereignis. Dieselmotorkraftmaschinen mit homogener Verbrennung sind beispielsweise aus den Druckschriften US 5,832.880 A, US 6,260.520 B1, US 6,276.334 B1 oder US 6,286.482 B1 bekannt.

Im Gegensatz zu konventionellen Brennverfahren ist jedoch bei alternativen Brennverfahren eine wesentlich höhere Empfindlichkeit der Motoremissionen (NO_x , Partikel, HC, CO und Geräusch) auf die Motorbetriebsparameter (Einspritzzeitpunkt, Abgasrückführrate, Frischlufttemperatur, Saugrohrtemperatur, Saugrohrdruck, Abgasgegendruck, Kühlmitteltemperatur, Atmosphärendruck) zu beobachten. Umgekehrt kann bereits durch eine relativ geringfügige Änderung der Abgasrückführrate um wenige Prozent beispielsweise eine deutliche Änderung der NO_x -Emissionen erreicht werden. Fig. 1 zeigt in diesem Zusammenhang den Einfluss der Abgasrückführrate und des Einspritzzeitpunktes auf die NO_x -Motoremission bei alternativer Verbrennung. Auch auf Partikelemissionen haben Einspritzzeitpunkt und Abgasrückführrate namhaften Einfluss, wie aus Fig. 2 ersichtlich ist. Bereits aus einer geringen Änderung des Einspritzzeitpunktes resultiert eine massive Beeinflussung der Partikelemission.

Aus dieser Tatsache resultiert somit die Forderung nach einer exakten Einhaltung der für alternative Brennverfahren notwendigen Motorbetriebsparameter, um das volle Potential der alternativen Dieselmotorkraftmaschinen ausschöpfen zu können. Bei den derzeit eingesetzten Verfahren zur Berechnung bestimmter Motorbetriebsparameter (z.B. Einspritzzeitpunkt und Sollwert der Abgasrückführrate) erfolgt innerhalb der Motorsteuerung eine reine Steuerung als Funktion von Motordrehzahl und Motorlast, also keine sogenannte „closed-loop“-Regelung. Für konventionelle Brennverfahren, welche wesentlich geringere Empfindlichkeiten zwischen den Motorbetriebsparametern und den daraus resultierenden Motoremissionen aufweisen, ist diese reine Steuerung ausreichend. Bei alternativen Brennver-



fahren für Dieselmotoren sind jedoch wegen der beschriebenen Empfindlichkeiten diese Steuerungsverfahren nicht ausreichend und deshalb müssen neue Verfahren gesucht werden. Der Grund dafür ist, dass bei der derzeit angewendeten rein gesteuerten Berechnung bestimmter Motorbetriebsparameter, wie beispielsweise Einspritzzeitpunkt und Abgasrückführrate, innerhalb der Motorsteuerung der Einfluss von Motordrehzahl, Motorlast, Frischlufttemperatur, Atmosphärendruck und Kühlmitteltemperatur nur statisch in Kennfeldern oder Kennlinien berücksichtigt wird.

Beim Betrieb eines Dieselmotors mit alternativer Verbrennung in Verbindung mit den derzeit üblichen Regelungsstrategien treten im Wesentlichen zwei kritische Betriebszustände auf. Erstens wird bei einer zu hohen Abgasrückführrate die Verbrennung instabil. Der Verbrennungsschwerpunkt liegt zu weit nach dem oberen Totpunkt der Zündung, woraus eine unvollständige Verbrennung mit hohen Emissionen (HC und CO) und ein instabiles Motordrehmoment resultiert. Zweitens wird bei einer zu geringen Abgasrückführrate der Verbrennungsschwerpunkt in Richtung „früh“ verschoben, was mit einem deutlichen Ansteigen des Verbrennungsgeräusches verbunden ist.

Aus der DE 31 34 631 A1 ist eine Einrichtung zum Regeln der Abgasrückführrate bei einer Brennkraftmaschine mit Selbstzündung bekannt, bei der ein Soll-Zündverzugszeitwert ermittelt und der Ist-Zündverzugszeitwert auf diesen Sollwert geregelt wird. Dabei entstammt der Soll-Zündverzugszeitwert einem Motorkennfeld. Die Zündverzugszeit ergibt sich aus einem Vergleich der Signale, beispielsweise dem Spritzbeginn einer Einspritzdüse, und eines mit dem Brennraum in Verbindung stehenden Drucksensors.

Aus der GB 2 091 000 A ist eine automatische Regelung für eine selbstzündende Brennkraftmaschine bekannt, bei der der Spitzendruck im Zylinder gemessen und mit einem Sollwert verglichen wird. Aufgrund dieser Abweichung wird als Stellgröße der Einspritzzeitpunkt verändert.

Sowohl bei der DE 31 34 631 A1, als auch bei der GB 2 091 000 A wird nur eine Stellgröße verändert. Dies ist für die Regelung einer Dieselmotorkraftmaschine mit homogener Verbrennung nicht ausreichend.

Aufgabe der Erfindung ist es, die Verbrennung bei einer Dieselmotorkraftmaschine mit homogener Verbrennung auf möglichst einfache Weise und möglichst genau zu regeln.

Erfindungsgemäß wird dadurch erreicht, dass aus dem Zylinderzustandssignal zumindest zwei charakteristische Zykluswerte aus der Gruppe Massenumsatzpunkt des eingespritzten Kraftstoffes, maximaler Druckanstieg im Zylinder,



Verbrennungsgeräusch, Brennbeginn oder Brenndauer ermittelt werden, dass die ermittelten Zykluskenwerte mit in einem Kennfeld hinterlegten Sollwerten für die Zykluskenwerte verglichen und eine vorhandene Abweichung zwischen den beiden Werten berechnet wird, und dass die Abweichung einem Regelalgorithmus zugeführt und als Stellgröße der Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung von mindestens einem Einspritzereignis, sowie der Inertgasanteil im Zylinder eingestellt werden. Damit kann die Verbrennung stabilisiert und die Geräusch- sowie Abgasemissionen minimiert werden. Vorzugsweise ist dabei vorgesehen, dass als Zykluskenwerte der 50%-Massenumsatzpunkt des eingespritzten Kraftstoffes und der maximale Druckanstieg im Zylinder ermittelt werden.

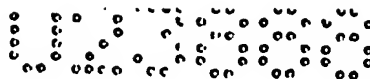
Das neu entwickelte Verfahren beruht auf der Überlegung, bestimmte Motorbetriebsparameter wie Einspritzzeitpunkt und Abgasrückführtrate dynamisch in Abhängigkeit von solchen Größen zu berechnen, welche den aktuellen Zustand innerhalb des Zylinders beschreiben.

Zur Erfassung des aktuellen Zylinderzustandes wird beispielsweise der Druck im Zylinder als Funktion des Kurbelwinkels mit einem Sensor erfasst. Aus diesem Sensorsignal werden in weiterer Folge in einem Intervall von 720° Kurbelwinkel bestimmte charakteristische Zykluskenwerte berechnet. Der Druckverlauf innerhalb des Zylinders wird also durch zwei aus dem Druckverlauf selbst berechnete Kennwerte beschrieben.

Diese beiden Kennwerte sind im Speziellen der Zeitpunkt des 50%igen Massenumsatzes des eingespritzten Kraftstoffes und der maximale Druckanstieg im Zylinder. Auch das Verbrennungsgeräusch, der Brennbeginn oder die Brenndauer sind als charakteristische Zykluskenwerte zur Beschreibung der Verbrennung einsetzbar.

Die Ermittlung der Zykluskenwerte kann entweder aus dem Ausgangssignal eines Sensors unter Ausnutzung eines akustischen, optischen, elektrischen, thermodynamischen oder mechanischen Messprinzips oder über ein mathematisches Modell erfolgen. Auch eine Kombination eines sensorbasierten Ansatzes mit einem modellbasierten Ansatz kann zur Anwendung kommen.

Im Rahmen des entwickelten Verfahrens wird in weiterer Folge jeder der aktuell ermittelten Zykluskenwerte mit den in Abhängigkeit von Motordrehzahl und Motorlast in je einem Kennfeld hinterlegten gewünschten Wert für die Zykluskenwerte verglichen und eine vorhandene Abweichung zwischen beiden Werten berechnet. Diese Abweichung wird in weiterer Folge einem Regelungsalgorithmus zugeführt. Der Regler berechnet dynamisch die für die Einhaltung des gewünschten Zylinderzustandes erforderlichen neuen Motorbetriebsparameter, wie



Einspritzzeitpunkt und rückgeführte Abgasmasse. Zusätzlich wird zu den vom Regler berechneten Werten ein jeweils in einem Kennfeld (z.B. abhängig von Motordrehzahl und Motorlast) hinterlegter Vorsteuerwert addiert, um die Dynamik des Gesamtsystems zu verbessern.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lässt sich im Gegensatz zu konventionellen Steuerverfahren auch bei transientem Motorbetrieb der Verlauf der Verbrennung emissionsoptimal und stabil beherrschen, in dem der Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung von mindestens einem Einspritzereignis und gleichzeitig der maximale Druckanstieg im Zylinder über den Inertgasanteil gemäß dem vom Regler berechneten Vorgaben geregelt wird. Dabei ist gemäß einer vorteilhaften Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen, dass mittels des Regelalgorithmus die Stellgrößen Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung zumindest eines Einspritzereignisses und Inertgasanteil im Zylinder gleichzeitig eingestellt werden.

Zur Steuerung des Inertgases im Zylinder kann vorgesehen sein, dass die Zuführung und Variation der Inertgasmasse in den Zylinder durch externe Abgasrückführung oder durch zylinderinterne Abgasrückführung oder in Kombination von interner und externer Abgasrückführung durchgeführt wird.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert.

Es zeigen Fig. 1 den Einfluss des Einspritzzeitpunktes und der Abgasrückführrate auf die NO_x -Motoremissionen, Fig. 2 den Einfluss des Einspritzzeitpunktes und der Abgasrückführrate auf die Partikelemissionen, Fig. 3 ein Zylinderdruck-Kurbelwinkeldiagramm, Fig. 4 schematisch eine Reglerstruktur des erfindungsgemäßen Verfahrens, Fig. 5 den Einfluss des Zeitpunktes der Kraftstoffeinspritzung auf die Lage des 50%-Massenumsatzpunktes, Fig. 6 den Einfluss der Inertgasmasse auf den maximalen Zylinderdruckanstieg, Fig. 7 den Zusammenhang zwischen dem maximalen Zylinderdruckanstieg und dem daraus resultierenden Verbrennungsgeräusch bei alternativer Verbrennung, Fig. 8 ein Ventilhub-Kurbelwinkeldiagramm für interne Abgasrückführung, Fig. 9 ein Diagramm mit verschiedenen Motorparametern bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, Fig. 10 ein Drehzahl-Zeitdiagramm, Fig. 11 ein Drehmoment-Zeitdiagramm, Fig. 12 ein 50%-Massenumsatz-Zeitdiagramm und Fig. 13 ein Motorge-räusch-Zeitdiagramm für transienten Motorbetrieb bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Bei alternativen Brennverfahren, welche auf einer Homogenisierung der Zylinderladung vor dem Verbrennungseignis basieren, ist im Gegensatz zu konventionellen Brennverfahren eine wesentlich höhere Empfindlichkeit der Motoremissionen (NO_x , Partikel, HC, CO und Geräusch) auf die Motorbetriebsparameter

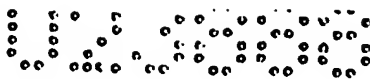


(Einspritzzeitpunkt, Abgasrückführtrate AGR, Frischlufttemperatur, Saugrohrtemperatur, Saugrohrdruck, Abgasgegendruck, Kühlmitteltemperatur, Atmosphärendruck) zu beobachten. In Fig. 1 ist der Einfluss der Abgasrückführtrate AGR und des Einspritzzeitpunktes SOE vor dem oberen Totpunkt auf die NO_x -Motoremission bei alternativer Verbrennung als Beispiel dargestellt. Es zeigt sich, dass eine Änderung der Abgasrückführtrate AGR um wenige Prozent eine deutliche Änderung der NO_x -Emissionen zur Folge hat. In Fig. 2 ist der Einfluss des Einspritzzeitpunktes SOE vor dem oberen Totpunkt der Verbrennung und der Abgasrückführtrate AGR auf die Partikelemissionen Soot bei alternativer Verbrennung beispielhaft dargestellt. Aus einer geringen Änderung des Einspritzzeitpunktes SOE resultiert eine massive Beeinflussung der Partikelemissionen Soot.

Zur Erfassung des aktuellen Zylinderzustandes wird beim beschriebenen Verfahren der Druck im Zylinder als Funktion des Kurbelwinkels CA mit einem Sensor erfasst. Aus diesem Sensorsignal werden in weiterer Folge in einem Intervall von 720° Kurbelwinkel CA bestimmte charakteristische Größen berechnet, welche im Ausführungsbeispiel der Zeitpunkt des 50%Massenumsatzes MFB50% des eingespritzten Kraftstoffes und der maximale Druckanstieg im Zylinder Δp_{\max} pro Grad Kurbelwinkel CA sind. In Fig. 3 ist exemplarisch der Zylinderdruck p über dem Kurbelwinkel CA aufgetragen und der maximale Zylinderdruckanstieg Δp_{\max} , sowie der 50%-Massenumsatzpunkt MFB50% für einen bestimmten Einspritzzeitpunkt und eine bestimmte Abgasrückführtrate eingezeichnet. Daneben kann auch das Verbrennungsgeräusch S , der Brennbeginn oder die Brenndauer als charakteristische Größe zur Beschreibung der Verbrennung herangezogen werden. Die Ermittlung der Zykluskennwerte erfolgt entweder aufgrund des Ausgangssignales eines Sensors unter Ausnutzung eines akustischen, optischen, elektrischen, thermodynamischen oder mechanischen Messprinzipes oder über ein mathematisches Modell. Auch eine Kombination eines sensorbasierten Ansatzes mit einem modellbasierten Ansatz kann zur Anwendung kommen.

Im Rahmen des entwickelten Verfahrens wird in weiterer Folge jeder der aktuell ermittelten Zykluskennwerte (Zeitpunkt des 50%igen Massenumsatzes MFB50% des eingespritzten Kraftstoffes und maximaler Druckanstieg Δp_{\max}) mit den in Abhängigkeit von Motordrehzahl n und Motorlast L in je einem Kennfeld hinterlegten gewünschten Werten $\text{MFB50\%}_{\text{Soll}}$ und $\Delta p_{\max, \text{Soll}}$ für die Zykluskennwerte verglichen und eine vorhandene Abweichung zwischen beiden Werten berechnet.

Diese Abweichung wird einem Regelungsalgorithmus zugeführt. Eine mögliche Regelstruktur ist beispielhaft in Fig. 4 dargestellt. Der Regler PID berechnet aufgrund der Abweichung zwischen 50%-Massenumsatzpunkt-Sollwert $\text{MFB50\%}_{\text{Soll}}$ vom 50%-Massenumsatzpunkt-Istwert MFB50\% und der Abweichung des maximalen Zylinderdruckanstieges-Sollwerts $\Delta p_{\max, \text{Soll}}$ vom maximalen Zylinderdruck-



anstieg-Istwert Δp_{\max} dynamisch die für die Einhaltung des gewünschten Zylinderzustandes erforderlichen Betriebsparameter, und zwar den Einspritzzeitpunkt SOE und die Abgasrückführrate AGR, zur Ansteuerung des Einspritzventiles und des AGR-Ventiles bzw. zur Ansteuerung eines Einlassventiles während des Auslasshubes (oder eines Auslassventiles während des Einlasshubes). Zusätzlich wird zu dem vom Regler PID berechneten Wert ein in einem Kennfeld zum Beispiel abhängig von der Motordrehzahl n und der Motorlast L hinterlegter Vorsteuerwert SOEv und AGRv addiert, um die Dynamik des Gesamtsystems zu verbessern.

Wesentlich beim entwickelten Verfahren ist, dass zur emissionsoptimalen und stabilen Beherrschung von alternativen Dieselmotorenverfahren auch bei transientem Motorbetrieb der Verlauf der Verbrennung, welche beispielsweise durch den Zeitpunkt des 50%igen Massenumsatzes MFB50% oder der Brenndauer beschrieben wird, über den vom Regler PID berechneten Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung SOE von mindestens einem Einspritzereignis beeinflusst wird und gleichzeitig der maximale Druckanstieg Δp_{\max} im Zylinder über den Inertgasanteil, also der Abgasrückführrate AGR geregelt wird. In Fig. 5 ist beispielhaft dargestellt, wie die Lage des 50%-Massenumsatzpunktes MFB50% über dem Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung SOE in Grad Kurbelwinkel CA vor dem oberen Totpunkt beeinflusst werden kann, auch wenn die in den Zylinder rückgeführte Abgasmasse variiert. Die in Fig. 5 eingetragenen Linien charakterisieren die Massenumsatzpunkte MFB50% für verschiedene Abgasrückführraten AGR, wobei die unterste Linie die geringste Abgasrückführrate repräsentiert. Damit gelingt es im transienten Motorbetrieb auftretende Temperaturänderungen wie beispielsweise Saugrohrtemperatur, Abgastemperatur oder Änderungen in der Zylinderfüllung (z.B. zu hoher AGR-Anteil) durch das beschriebene Verfahren zu kompensieren und damit eine emissionsoptimale und stabile Verbrennung des eingespritzten Kraftstoffes zu gewährleisten.

Zusätzlich wird beim entwickelten Verfahren die Motorgeräuschemission (beschrieben durch den maximalen Druckanstieg Δp_{\max} im Zylinder) über den Inertgasanteil in der Zylinderfüllung auf einen gewünschten Wert geregelt. In Fig. 6 ist beispielhaft dargestellt, wie der maximale Zylinderdruckanstieg Δp_{\max} und die damit verbundenen Motorgeräuschemission S über die im Zylinder vorhandene Inertgasmasse beeinflusst werden kann, auch wenn der Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung SOE variiert. Auf der Ordinate ist die Öffnungsdauer IVH zumindest eines Einlassventiles während eines Auslasstaktes aufgetragen, welche in direktem Zusammenhang mit der Inertgasmasse steht. Die im Diagramm eingezeichneten Linien zeigen verschiedene Kraftstoffeinspritzzeitpunkte SOE, wobei die oberste Linie einen frühen, die unterste Linie einen eher späten Einspritzzeit-

punkt repräsentiert. Der Zusammenhang zwischen dem maximalen Zylinderdruckanstieg Δp_{\max} und dem daraus resultierenden Verbrennungsgeräusch S bei alternativer Verbrennung ist in Fig. 7 dargestellt. Die eingezeichneten Linien zeigen verschiedene Kraftstoffeinspritzzeitpunkte SOE.

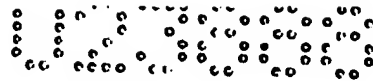
Beim entwickelten Verfahren kann die Zuführung und Variation der Inertgasmasse in den Zylinder entweder durch externe Rückführung (das heißt außerhalb des Zylinderkopfes) oder durch zylinderinterne Rückführung (z.B. über veränderbare Einlass- und Auslassventilsteuerzeiten) oder durch eine Kombination beider Rückführarten erfolgen.

Auch eine Veränderung der rückgeführten Abgasmasse durch Änderung des Saugrohrdruckes (z.B. über eine Drosselklappe oder einen Turbolader) oder durch Änderung des Abgasgegendruckes (z.B. über einen Abgasturbolader mit variablen Durchflussquerschnitt auf der Turbinenseite) kann zur Anwendung kommen.

Bei dem beschriebenen Verfahren dient der von einem Zylinderdrucksensor und einem Drehzahlsensor erfasste Druckverlauf als Rückmeldung über den aktuellen Zustand der Verbrennung im Zylinder. In weiterer Folge werden aus dem Druckverlauf zwei Kennwerte (Zeitpunkt des 50%igen Massenumsatzes MFB50% des eingespritzten Kraftstoffes und der maximale Druckanstieg Δp_{\max}) berechnet, mit denen die Verbrennung charakterisiert wird. Die Zielwerte für die beiden charakteristischen Größen werden in zumindest drehzahl- und lastabhängigen Kennfeldern hinterlegt.

Das vorliegende Verfahren zur Regelung von alternativen Dieselmotorenverfahren unterscheidet sich von bekannten Verfahren im Wesentlichen durch folgende Punkte:

1. Aus den Differenzen zwischen den tatsächlich aus dem Druckverlauf ermittelten Kennwerten und den gewünschten Zielwerten werden über einen Regleralgorithmus der Zeitpunkt SOE der Kraftstoffeinspritzung und die Inertgasmasse gleichzeitig beeinflusst.
2. Damit wird innerhalb der physikalisch möglichen Grenzen der Verbrennungsschwerpunkt-MFB50%-und-der-maximale-Zylinderdruckanstieg Δp_{\max} gleichzeitig und unabhängig voneinander auf gewünschte Zielwerte eingestellt.
3. Das Verfahren kompensiert auch eine Änderung von zylinderexternen Parametern (z.B. Atmosphärendruck, Ansauglufttemperatur, Kühlmitteltemperatur, Abgasgegendruck, Saugrohrdruck, Kraftstoffdruck) bei

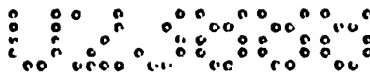


gleichzeitiger Einhaltung der geforderten Zielwerte (Zeitpunkt des 50%Massenumsatzes MFB50% des eingespritzten Kraftstoffes und maximaler Druckanstieg Δp_{\max}).

Als eine mögliche Anwendung des Verfahrens wird z.B. der Zeitpunkt des 50%-Massenumsatzpunktes MFB50% des eingespritzten Kraftstoffes über den Einspritzzeitpunkt SOE geregelt. Der maximale Zylinderdruckanstieg wird über zylinderinterne Abgasrückführung beeinflusst. Die zylinderinterne Abgasrückführung wird dabei z.B. durch ein zusätzliches Öffnen von zumindest einem Einlassventil während des Auslasstaktes realisiert. Fig. 8 zeigt beispielhaft die Ventilhubkurven für diese Art der internen Abgasrückführung. Die vollgezogene Linie zeigt die Öffnung der Einlassventile, die strichlierte Linie die Öffnung der Auslassventile. Um die Masse des rückgeführten Abgases AGR und damit den maximalen Zylinderdruckanstieg Δp_{\max} zu beeinflussen, wird zum Beispiels die Öffnungsdauer IVH des Einlassventiles bei konstantem Öffnungsbeginn während des Auslasstaktes geändert. Auch ein Öffnen von zumindest einem Auslassventil während des Einlasstaktes kann zur Durchführung einer internen Abgasrückführung zur Anwendung kommen. Weiters ist ein Ändern der Ventilüberschneidung im Bereich des oberen Totpunktes des Ladungswechsels möglich, um die interne rückgeführte Abgasmasse zu beeinflussen.

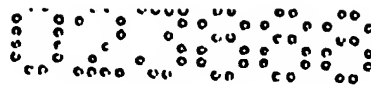
Fig. 9 zeigt beispielhaft Ergebnisse, welche mit dem entwickelten Verfahren bei alternativer Dieselerverbrennung in einem stationären Betriebspunkt (bei konstanter Motordrehzahl n und Motorlast L) realisiert wurden. Bei der Anwendung des Verfahrens gelingt es z.B. das Verbrennungsgeräusch zu verändern und gleichzeitig die Lage des 50%-Massenumsatzpunktes MFB50% konstant zu halten. Im Diagramm sind folgende Motorbetriebsparameter eingezeichnet: Verbrennungsgeräusch S , maximaler Zylinderdruckanstieg Δp_{\max} , gewünschter maximaler Zylinderdruckanstieg $\Delta p_{\max, \text{Soll}}$, Frischluftmasse m_L , Zeitpunkt des 50%igen Kraftstoffumsatzes MFB50%, gewünschter Zeitpunkt des 50%igen Kraftstoffumsatzes MFB50%_{Soll}, Einspritzzeitpunkt SOE. Die Kurven sind über der Zeit t aufgetragen.

Die Vorteile des Verfahrens für den transienten Motorbetrieb sind in den Fig. 10 bis 13 dargestellt. Wird bei alternativer Dieselerverbrennung die Motorlast L (Fig. 11) und die Motordrehzahl n (Fig. 10) gleichzeitig zu höheren Werten geändert, beispielsweise bei einer Fahrzeugbeschleunigung, so ergibt sich ohne Anwendung des beschriebenen Verfahrens kurzzeitig eine zu hohe Abgasmasse in der Zylinderfüllung. Da der Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung bei herkömmlichen Verfahren gesteuert aus einem oder mehreren Kennfeldern berechnet wird, ist in dieser Phase die Kraftstoffeinspritzung für die aktuelle Gaszusammensetzung im Zylinder zu spät. In Verbindung mit der zu hohen Abgasrückführrate



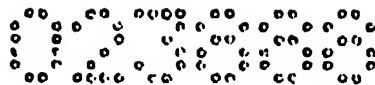
AGR führt dies zu einer Verschiebung des 50%igen Massenumsatzpunktes MFB50% in Richtung spät (Fig. 12). Dadurch sinkt das Motormoment L (Fig. 11) wegen des schlechteren Wirkungsgrades bei später Verbrennung. Im Extremfall kann dabei die Verbrennung auch zu Instabilitäten (Zündaussetzer) neigen. Diese Situation ist in den Figuren 10 bis 13 durch die strichlierte Linie dargestellt.

Bei Anwendung des Verfahrens wird der Einspritzzeitpunkt SOE dynamisch über den Regler derart korrigiert, dass der Zeitpunkt des 50%-Massenumsatzpunktes MFB50% auch im transienten Motorbetrieb dem geforderten Wert folgt (Fig. 12). Damit wird die Verbrennung stabilisiert und der geforderte Momentenverlauf (Fig. 11) eingehalten. Weiters wird durch eine gleichzeitige Änderung der abgeführten Abgasmasse das Verbrennungsgeräusch S auf den geforderten Wert geregelt (Fig. 13). Der Verlauf der Motorkenngrößen Drehzahl n , Last L , 50%-Massenumsatzpunkt MFB50% und Verbrennungsgeräusch S ist in den Fig. 10 bis 13 bei Anwendung des Verfahrens durch vollgezeichnete Linien dargestellt.



ANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Betrieb einer Dieselmotorkraftmaschine mit homogener Kraftstoffverbrennung, wobei eine Zustandsgröße im Zylinder, vorzugsweise der Druck, die Temperatur, der Ionenstrom oder das Ausgangssignal eines optischen Messprinzips als Funktion des Kurbelwinkels erfasst und daraus ein Zylinderzustandssignal gewonnen wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus dem Zylinderzustandssignal zumindest zwei charakteristische Zykluskenwerte aus der Gruppe Massenumsatzpunkt (MFB) des eingespritzten Kraftstoffes, maximaler Druckanstieg (Δp_{\max}) im Zylinder, Verbrennungsgeräusch (S), Brennbeginn oder Brenndauer ermittelt werden, dass die ermittelten Zykluskenwerte mit in einem Kennfeld hinterlegten Sollwerten für die Zykluskenwerte verglichen und eine vorhandene Abweichung zwischen den beiden Werten berechnet wird, und dass die Abweichung einem Regelalgorithmus zugeführt und als Stellgröße der Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung von mindestens einem Einspritzereignis, sowie der Inertgasanteil im Zylinder eingestellt werden, um die Verbrennung zu stabilisieren und/oder die Geräusch- sowie Abgasemissionen zu minimieren.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ermittlung der Zykluskenwerte entweder aus dem Ausgangssignal eines Sensors unter Ausnutzung eines akustischen, optischen, elektrischen, thermodynamischen oder mechanischen Messprinzips, über ein mathematisches Modell oder einer Kombination des sensorbasierten und des modellbasierten Ansatzes erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Zykluskenwerte der 50%-Massenumsatzpunkt (MFB50%) des eingespritzten Kraftstoffes und der maximale Druckanstieg (Δp_{\max}) im Zylinder ermittelt werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zuführung und Variation der Inertgasmasse in den Zylinder durch externe Abgasrückführung oder durch zylinderinterne Abgasrückführung oder in Kombination von interner und externer Abgasrückführung durchgeführt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels des Regelalgorithmus die Stellgrößen Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung zumindest eines Einspritzereignisses und Inertgasanteil im Zylinder gleichzeitig eingestellt werden.



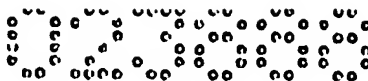
- 11 -

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zu den durch den Regelalgorithmus berechneten Werten für die Stellgrößen jeweils ein in einem Kennfeld abgelegter, vom Motorbetriebszustand abhängiger Vorsteuerwert addiert wird.

2003 07 15

Fu/Ik

Patentanwalt
Dipl.-Ing. Mag. Michael Babeluk
A-1150 Wien, Mariahilfer Görtel 39/17
Tel.: (+43 1) 892 89 33-0 Fax: (+43 1) 892 89 333
e-mail: patent@babeluk.at



ZUSAMMENFASSUNG

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Dieselmotorkraftmaschine mit homogener Kraftstoffverbrennung, wobei eine Zustandsgröße im Zylinder, vorzugsweise der Druck, die Temperatur, der Ionenstrom oder das Ausgangssignal eines optischen Messprinzips als Funktion des Kurbelwinkels erfasst und daraus ein Zylinderzustandssignal gewonnen wird. Um die Verbrennung zu stabilisieren und/oder die Geräusch- sowie Abgasemissionen zu minimieren, ist vorgesehen, dass aus dem Zylinderzustandssignal zumindest zwei charakteristische Zykluskennwerte aus der Gruppe Massenumsatzpunkt (MFB) des eingespritzten Kraftstoffes, maximaler Druckanstieg (Δp_{\max}) im Zylinder, Verbrennungsgeräusch (S), Brennbeginn oder Brenndauer ermittelt werden, dass die ermittelten Zykluskennwerte mit in einem Kennfeld hinterlegten Sollwerten für die Zykluskennwerte verglichen und eine vorhandene Abweichung zwischen den beiden Werten berechnet wird, und dass die Abweichung einem Regelalgorithmus zugeführt und als Stellgröße der Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung von mindestens einem Einspritzereignis, sowie der Inertgasanteil im Zylinder eingestellt werden.

Fig. 4

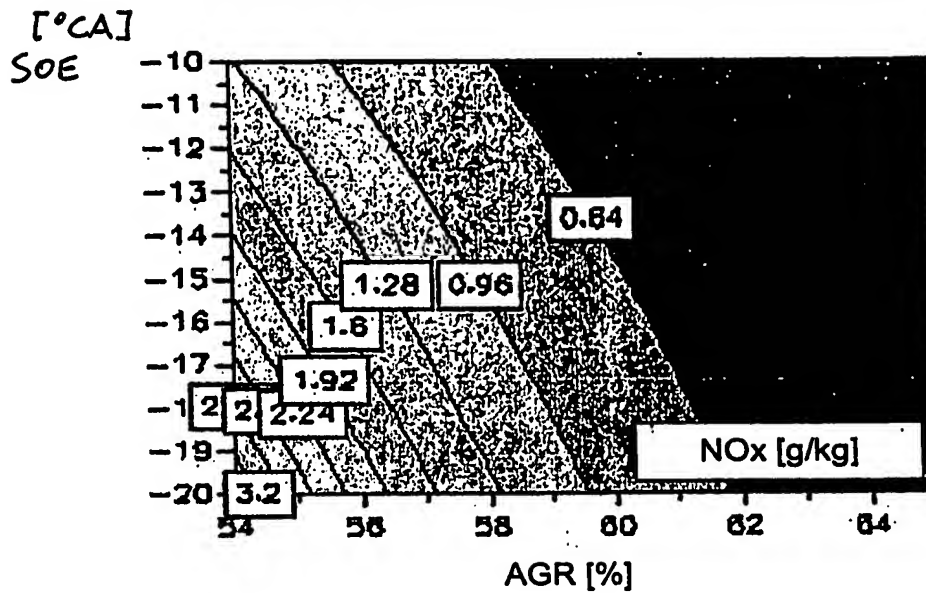


Fig.1

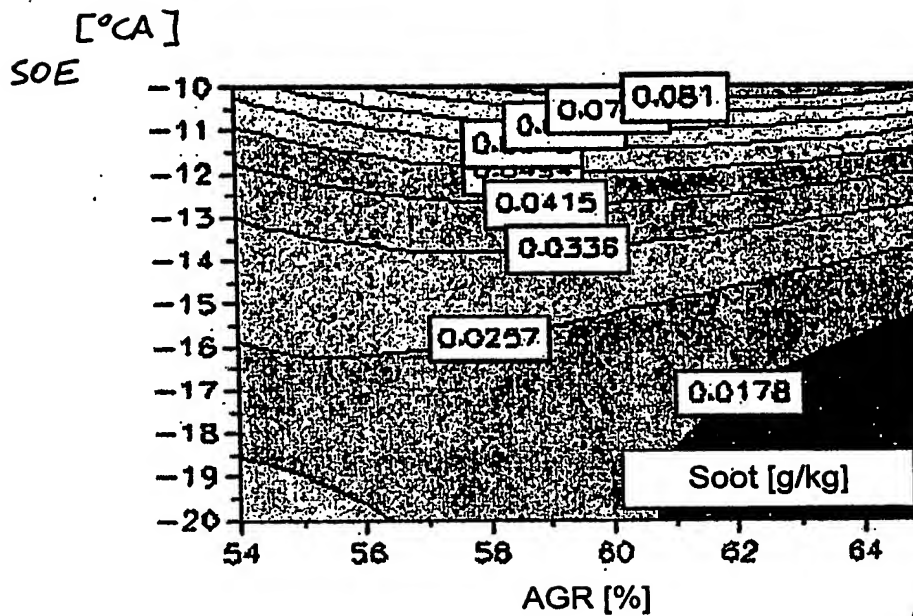


Fig.2

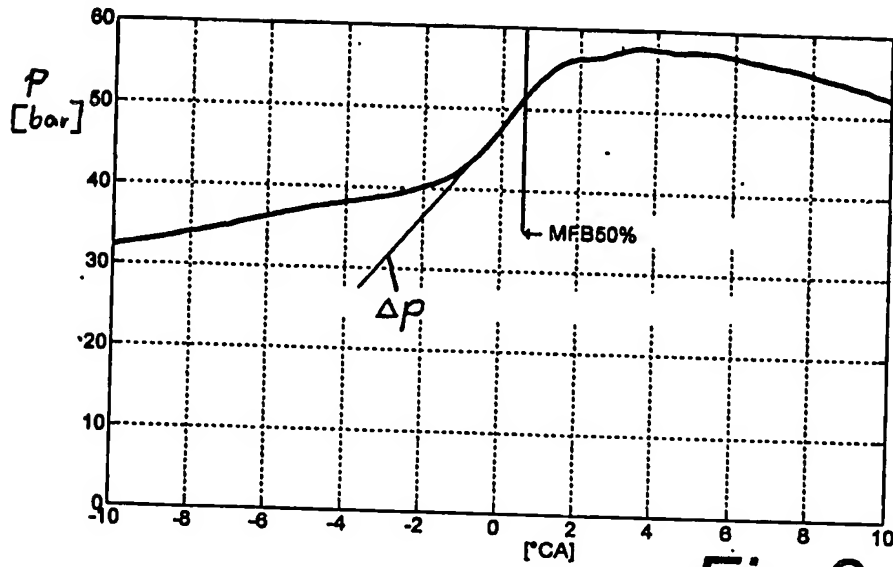


Fig.3

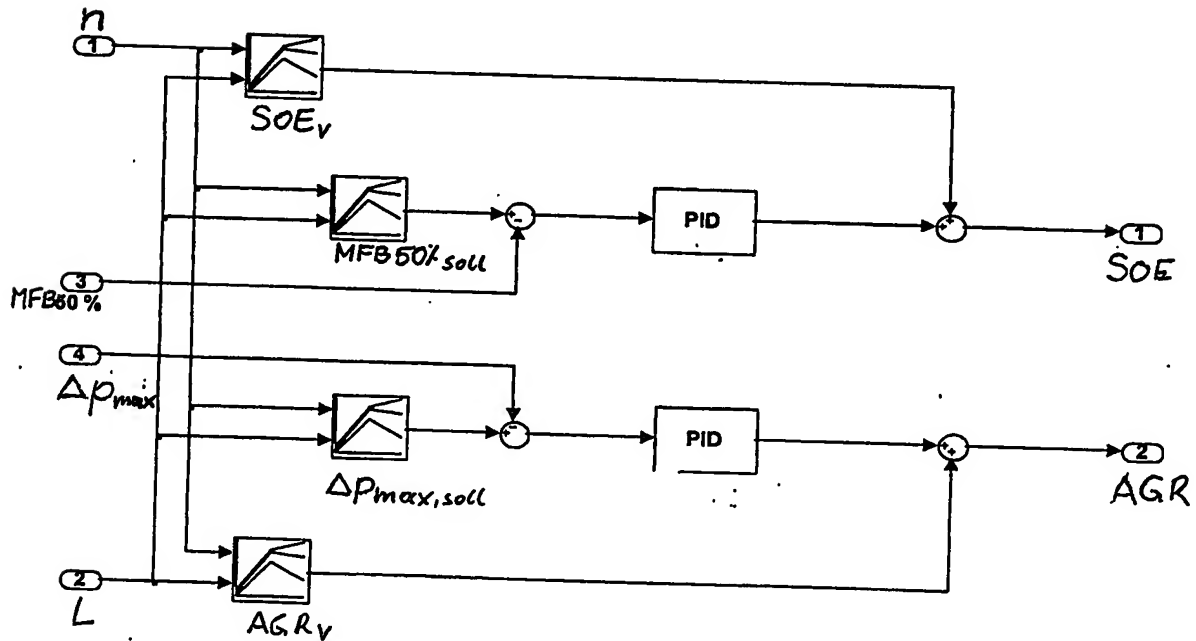


Fig.4

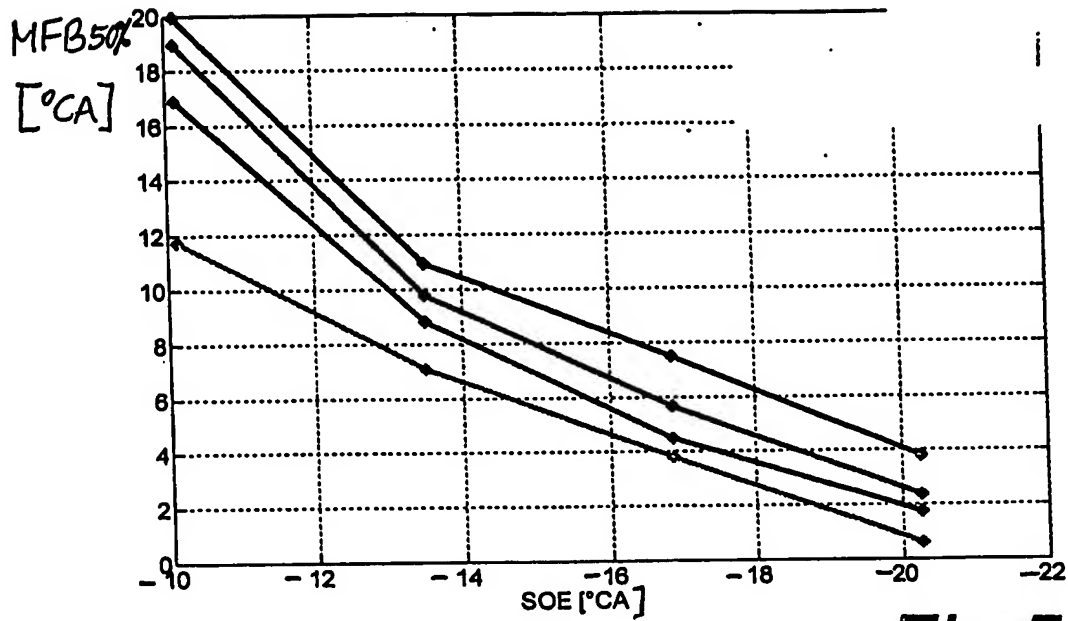


Fig.5

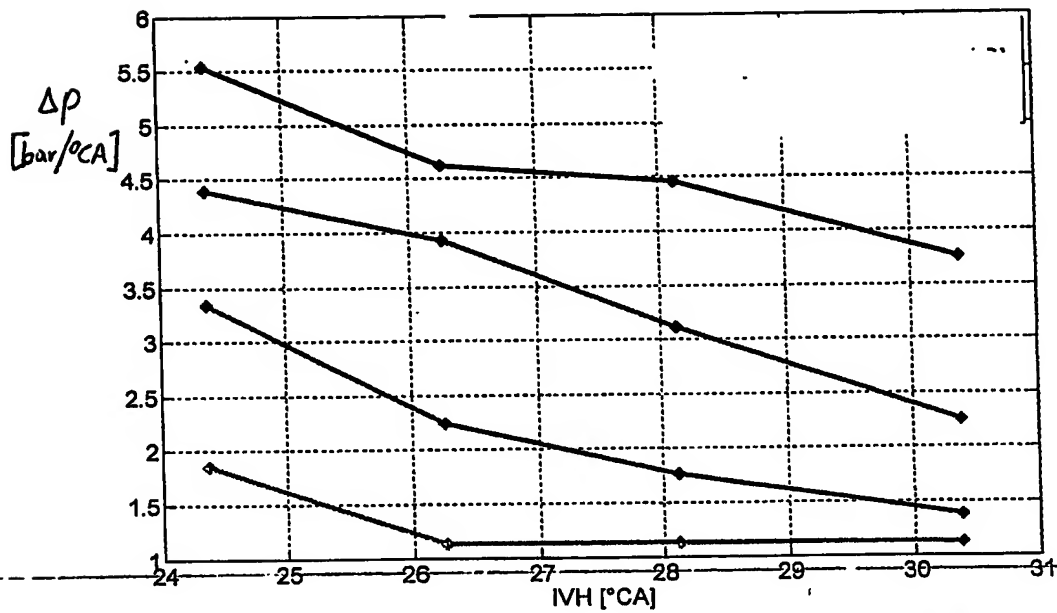


Fig.6

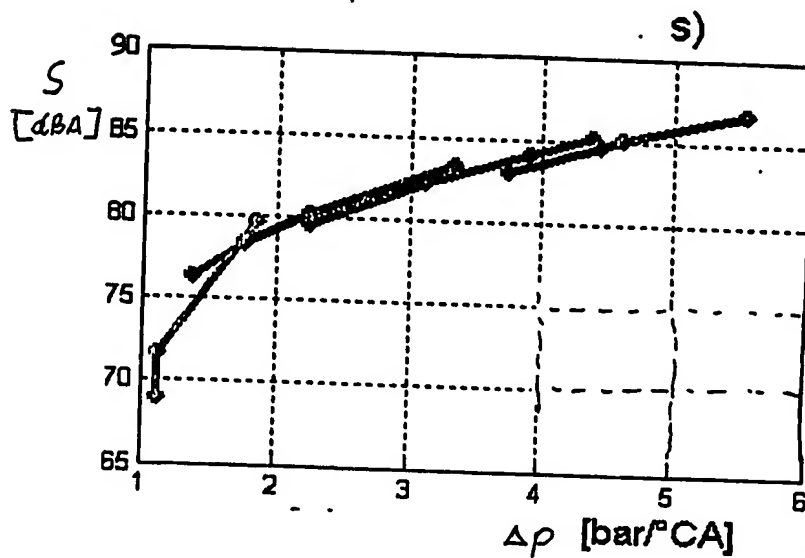


Fig. 7

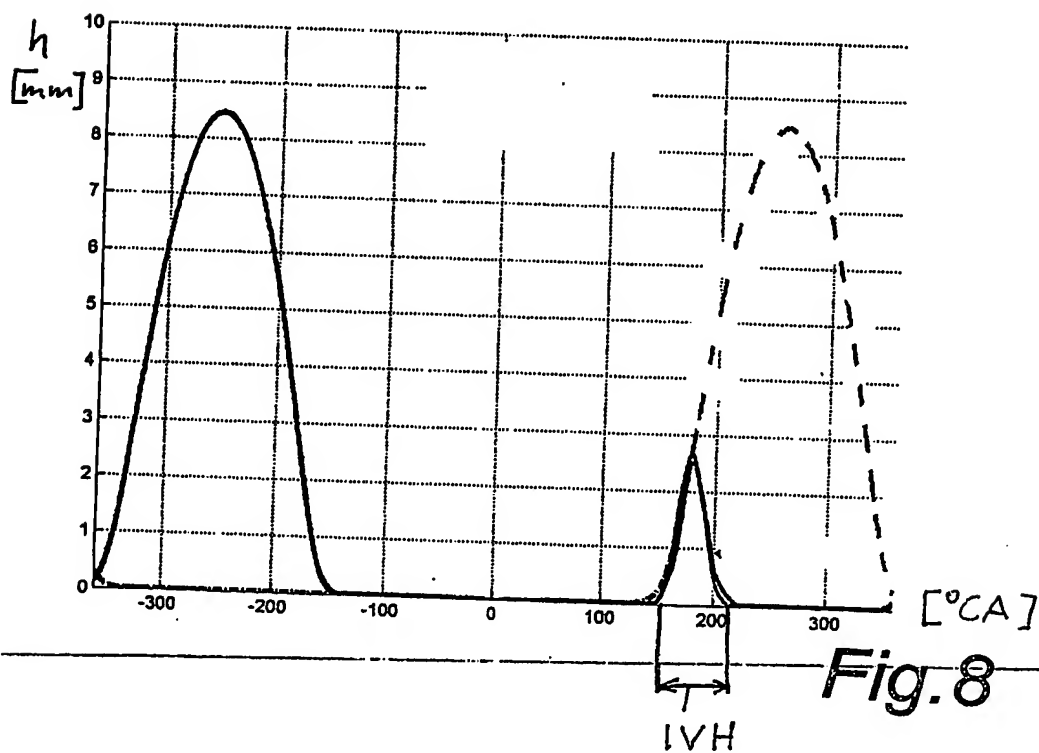


Fig. 8

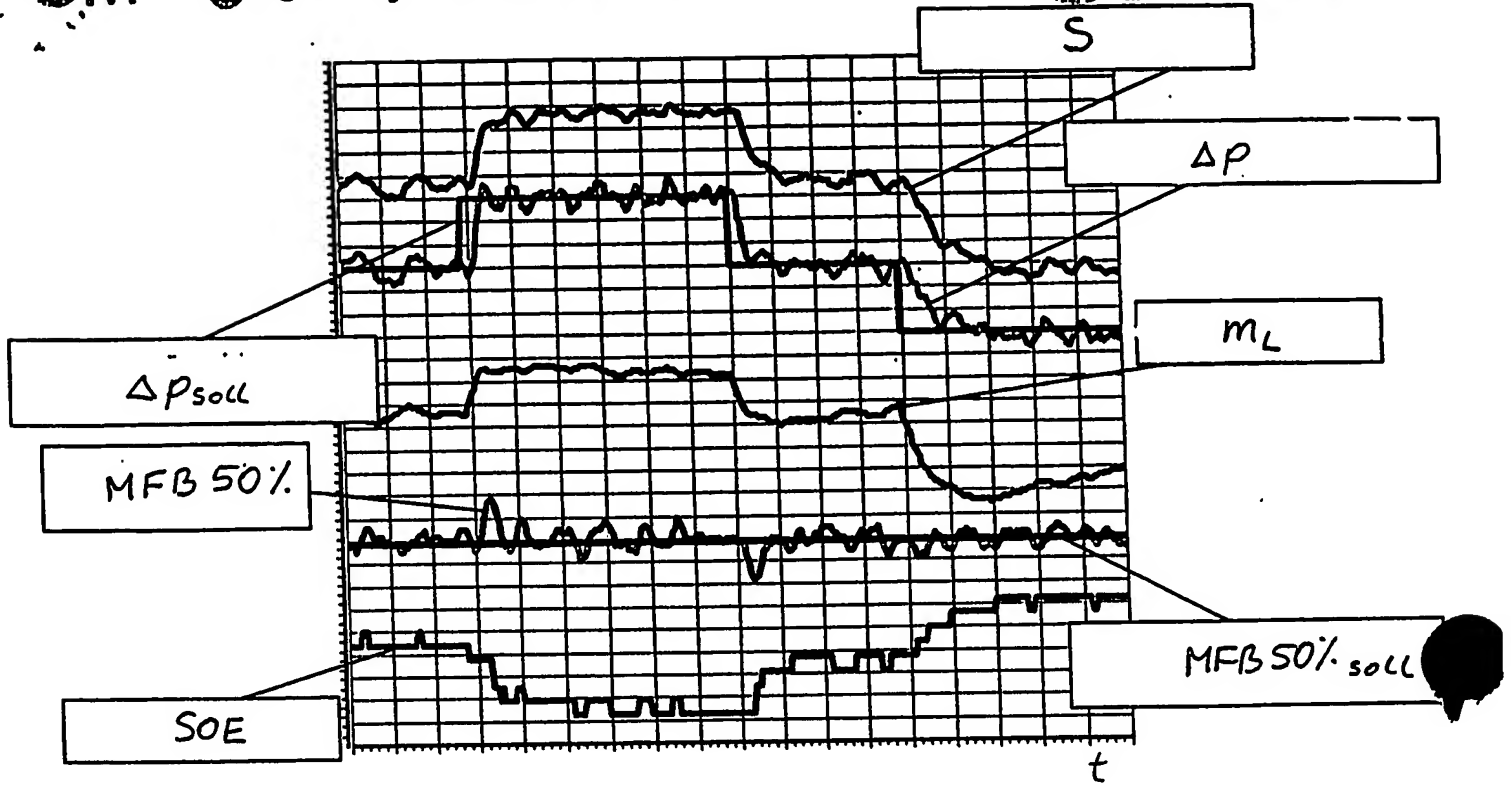


Fig.9

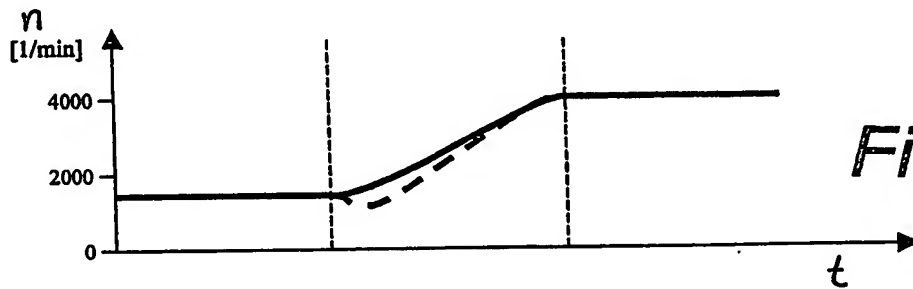


Fig.10

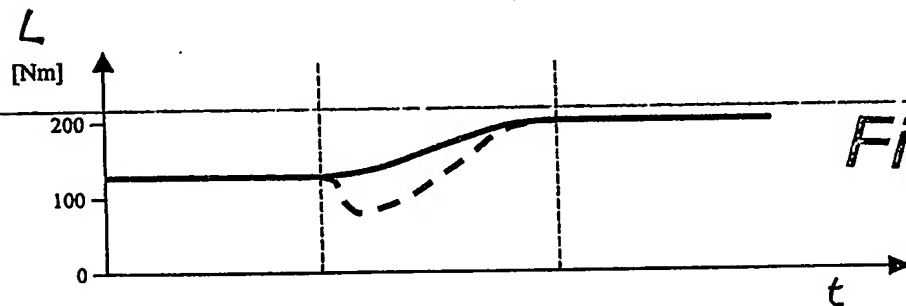
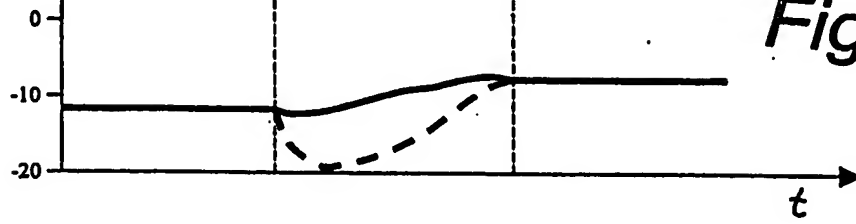
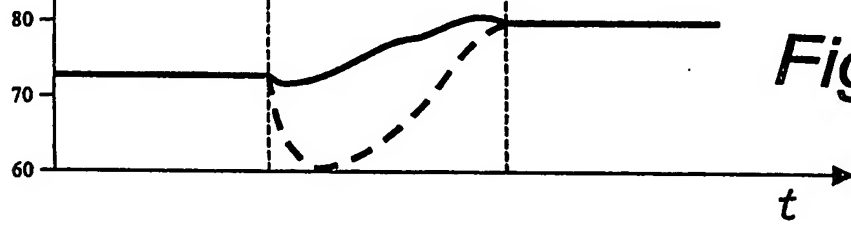


Fig.11

MFB 50%
[°CA]



S
[dBA]



8
PCT

PCT/AT2004/000244



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☒ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.